

乱流解析でのLES-IBコードの開発とその適用

Keyword : Turbulence, Large Eddy Simulation, Immersed Boundary Method, CFD

研究の概要

実用面で直面する乱流流れは通常複雑な幾何形状の境界をもつものとなっている。その流れをCFDにより解析するには有限要素法や重合格子を使用するなど複雑なスキームを利用する必要がある。この研究では単純幾何形状の計算領域の計算で複雑形状の物体や境界の再現に境界埋込法(IB法)を用いて計算するスキームコードを開発する。さらに、乱流の取り扱いでは伝統的に使われてきた平均量のみを取り扱うアンサンブル平均乱流モデル計算(RANS)ではなく、直接乱れを取り扱うことが可能なラージ・エディ・シミュレーション(LES)を採用し、より正確な乱流流れの予測を可能としている。このLESにおいて組み込まれたサブグリッドスケール(SGS)モデルはコヒーレント構造型スマゴリンスキーモデルである。このコードを利用して、今日の実用分野において頻繁に使用されている低予測性能の伝統的なRANSによる乱流流れ予測から、より高性能なLESへの進展を模索していく。下図にはこのコードによる正七角形ダクト内乱流、チューブ集束型整流管の設置した円管内乱流の結果と一例を提示する。

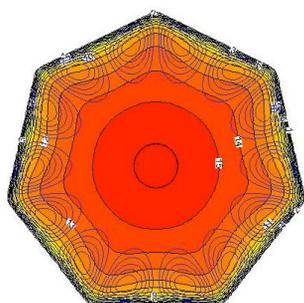


図1 正七角形ダクト内乱流の平均速度

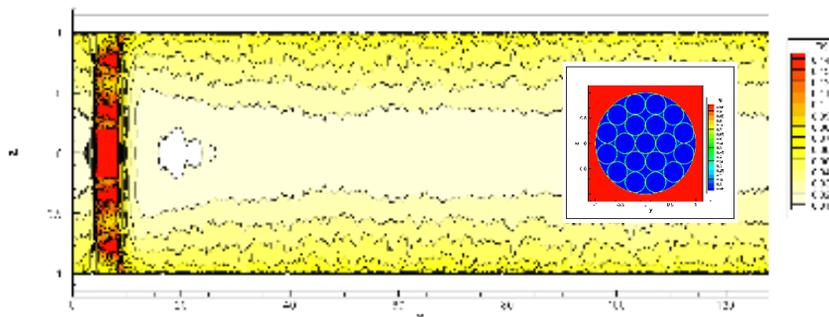


図2 整流器の作用した円管内乱流の乱流エネルギー

・特筆すべき研究ポイント:

本研究で開発している乱流解析用LES-IBコードは以下のような構成要素により構築されている。

LES(コヒーレント構造型スマゴリンスキーモデル、保存型中心差分法、2次精度陽的時間発展法)、**IB法**(流路形状や固体物体の再現)、**圧力解法**(直接法(FFT+TDMAの融合スキーム)、HSMAC法(反復解法))、**流入条件**(ドライバー計算[壁乱流、**一様等方性乱流(開発中)**]、周期境界条件)、**流出条件**(ゾンマーフェルト放射境界(ドライバー計算との組み合わせで使用)、周期境界条件)

これらの組み合わせにより、より一般性の高い乱流流れに対して汎用的に利用できるプログラムコードを開発している。

・新規性・優位性等:

市販されているRANSコードとは異なり、このコードは乱流の瞬間瞬間の流れに對してより高い予測性能を有するものとなっている。

・利用・応用:

これまでこのコード開発過程において、三角形のリップレット付き壁乱流での抵抗低減効果の調査、正多角形断面ダクト内乱流の二次流れの強度変化、チューブ集束型整流器の効果に関する検討、順および逆圧力勾配の効果の検証(図3)などを実施してきた。

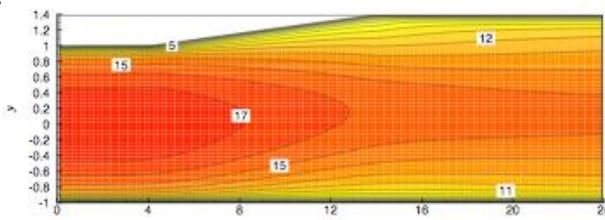


図3 逆圧力勾配の作用した乱流流れの平均速度

アピールポイント

■ 技術相談に応じられる関連分野

- ・ 乱流統計理論や物理の基礎
- ・ 数値流体力学におけるFORTRANプログラミングおよびスキームの解説
- ・ CFDによる乱流場の数値解析(DNS, LES, RANS)
- ・ 確率・統計に関する数学的問題とその応用(正規、モンテカルロ、ワイブル等)

■ その他の研究紹介

- ・ 乱流統計理論による理論解析による乱流モデリング
- ・ 圧縮性1方程式型サブグリッドスケールモデル開発とその検証
- ・ 回転や周方向壁面駆動によって生じる過渡乱流状態の直接数値計算
- ・ 様々な方法による乱流の抵抗低減に関する研究



岡本 正芳

工学領域
機械工学科
准教授

岡本研究室
HP